



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 22 104 A 1

⑤ Int. Cl. 6: **BF**  
H 01 J 49/40

⑳ Aktenzeichen: P 43 22 104.1  
㉔ Anmeldetag: 2. 7. 93  
㉕ Offenlegungstag: 19. 1. 95

DE 43 22 104 A 1

㉑ Anmelder:

Bergmann, Thorald, Dr., 82441 Ohlstadt, DE;  
Bergmann, Eva Martina, 82441 Ohlstadt, DE

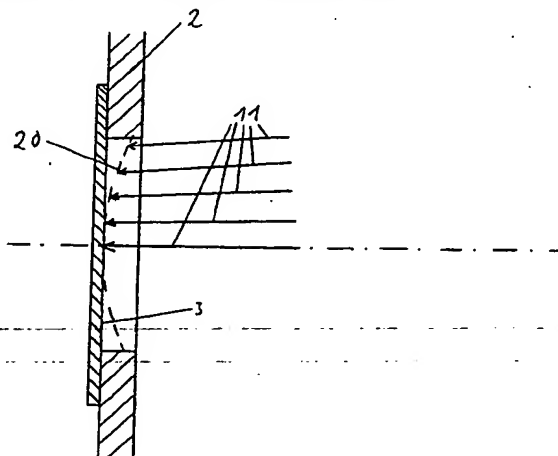
㉒ Erfinder:

Bergmann, Thorald, Dr., 82441 Ohlstadt, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉓ Detektor für Flugzeit-Massenspektrometer mit geringen Flugzeitfehlern bei gleichzeitig großer Öffnung

㉔ Durchlaufen Ionen im Detektor eines Flugzeit-Massenspektrometers inhomogene Felder, so kann der Fall auftreten, daß verschiedene Flugbahnen (11) unterschiedliche Zeiten vom Eintrittsfenster bis zur Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) benötigen. Diese Flugzeitfehler lassen sich durch geeignete Verformung der Konversionsfläche (3) verringern.



DE 43 22 104 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 94 408 063/73

10/28

Die Erfindung betrifft Detektoren für Flugzeit-Massenspektrometer nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Detektoren für Flugzeit-Massenspektrometer sollen dem einfallenden Ionenstrahl eine möglichst große Fläche entgegenstellen, und dennoch kleine Flugzeitfehler aufweisen.

Jeder Detektor verfügt über eine Ionen-Elektronen-Konversionsfläche, an welcher zum Zeitpunkt des Auftreffens eines Ions mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein oder mehrere Elektronen erzeugt werden, die in einem oder mehreren nachgeschalteten Elektronenvervielfachern verstärkt werden. Dies ergibt einen elektrischen Impuls, welcher mit dem Auftreffen des Ions auf der Konversionsfläche in zeitlichem Zusammenhang steht.

Alternativ zu Elektronenvervielfachern ist es auch möglich, die Elektronen durch Szintillatoren mit Photomultipliern nachzuweisen.

Unter der ionenoptischen Achse eines Detektors versteht man eine ausgewählte Bahn in oder nahe der Mitte des einfallenden Ionenstrahls. Falls der Detektor zylindersymmetrisch aufgebaut ist, wählt man üblicherweise die Symmetrieachse.

Man kann die ionenoptische Achse rückwärts von der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche aus dem Detektor hinaus bis zu einem geeignet gewählten Punkt verfolgen, und an diesem normal zu der ionenoptischen Achse eine Referenzebene definieren. Die Flugzeit entlang der ionenoptischen Achse von der Referenzebene bis zur Ionen-Elektronen-Konversionsfläche kann man als Referenz-Flugzeit wählen. Werden Ionen von anderen Punkten als dem Achsenpunkt der Referenzebene, aber mit derselben Richtung und Geschwindigkeit, in den Detektor hinein gestartet, so benötigen sie möglicherweise andere Flugzeiten als ein Ion auf der Achse. Die Differenz dieser Flugzeiten zur Referenz-Flugzeit auf der ionenoptischen Achse bezeichnet man als Flugzeitfehler.

Die Flugzeitfehler kann man angeben als Funktion des Startortes auf der Referenzebene. Im allgemeinsten Fall sind die Flugzeitfehler abhängig von den zwei Variablen, welche die Referenzebene parametrisieren. Ist der Detektor zylindersymmetrisch aufgebaut, so sind die Flugzeitfehler eine Funktion des Abstandes der betreffenden Bahn von der ionenoptischen Achse in der Referenzebene.

Ionen können innerhalb eines Detektors mit inhomogenem elektrischen Feld auf eine kleinere oder größere Fläche fokussiert oder zerstreut werden. Aus diesem Grunde eignet sich der nutzbare Flächeninhalt auf der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche nicht als Maß für die Empfindlichkeit des Detektors. Als Maß für die Empfindlichkeit des Detektors bietet sich der Inhalt derjenigen Fläche auf der Referenzebene an, von welcher aus Ionen mit akzeptabel kleinen Flugzeitfehlern in den Detektor hinein gestartet werden können.

Durch Definition einer Referenzebene und dem abschließlichen Betrachten der Bahnen von der Referenzebene bis auf die Konversionsfläche kann man gedanklich den Detektor und seine Flugzeitfehler vom Rest des Flugzeit-Massenspektrometers abtrennen. Es ist aber auch möglich, die Flugzeitfehler auf der gesamten Flugstrecke von der Ionenquelle bis auf die Konversionsfläche zu bestimmen. Zusätzlich zu den unmittelbar mit dem Detektoraufbau zusammenhängenden Flugzeitfeh-

lern treten hier oft auf der Bahn durch Ionenquelle und Reflektor Flugzeitfehler auf, welche zum Teil durch Verkippen der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche kompensierbar sind. Aus diesem Grunde ist die Konversionsfläche oft beweglich gelagert.

Zur Zeit sind vor allem zwei Arten von Konversionsflächen gebräuchlich:

— Eine Metalloberfläche auf welcher der Ionen auftreffen, und mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit Elektronen auslösen. Die Metalloberfläche kann auch speziell beschichtet sein, damit die auftreffenden Ionen mit größerer Wahrscheinlichkeit Elektronen auslösen.

— Die Vorderseite einer Mikrokanalplatte. Die Ionen dringen zwar einige 10  $\mu\text{m}$  tief in die Kanälchen der Mikrokanalplatte ein, bevor sie Elektronen auslösen, und so hat die Konversionsfläche eigentlich eine sehr komplexe Form. Für die folgende Diskussion soll dennoch als Konversionsfläche die glatte Vorderseite der Mikrokanalplatte gelten. Das Eindringen der Ionen in die Kanälchen muß im folgenden nicht mehr berücksichtigt werden, da es sich nur um einige 10  $\mu\text{m}$  handelt, was im Vergleich zu den anderen hier zu behandelnden Fehlern als vernachlässigbare Ungenauigkeit erkennbar ist.

Die Wahrscheinlichkeit, mit welcher beim Aufprall eines Ions auf der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche Elektronen ausgelöst werden, d. h. die Elektronenausbeute, hängt sehr stark von der Geschwindigkeit beim Aufprall ab. Da die Geschwindigkeit der Ionen umgekehrt proportional zu der Quadratwurzel ihrer Masse ist, nimmt die Nachweiswahrscheinlichkeit bei Ionen großer Masse stark ab.

Soll ein Detektor Ionen größerer Masse nachweisen, so müssen die Ionen daher nachbeschleunigt werden, bevor sie auf der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche auftreffen, um mit ausreichender Wahrscheinlichkeit beim Auftreffen Elektronen aus der Konversionsfläche auszulösen. Der Detektor muß also so aufgebaut sein, daß ein starkes, beschleunigendes elektrisches Feld vor der Konversionsfläche anliegt. Durch dieses Nachbeschleunigungsfeld können Flugzeitfehler entstehen.

Üblicherweise werden die Flugzeitfehler klein gehalten, indem man das Nachbeschleunigungsfeld homogen hält. Ein homogenes Feld hat eine ortsunabhängige Richtung und Stärke des elektrischen Feldes, wodurch in einem Detektor mit homogenen Feldern die Flugzeit von Referenzebene bis auf die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche unabhängig vom Startort auf Referenzebene bzw. unabhängig vom Eintrittsort in das Nachbeschleunigungsfeld ist.

— Ein solches elektrisches Feld läßt sich nur erzeugen, wenn man das Nachbeschleunigungsfeld gegenüber der Driftstrecke des Flugzeit-Massenspektrometers mit einem Gitter abgrenzt. Ein Beispiel eines solcherart aufgebauten Detektors ist in Fig. 5 der Veröffentlichung von de Heer et al. (Review of Scientific Instruments, Band 62(3), Seiten 670—677, 1991) zu sehen.

Die nachzuweisenden Ionen können dabei auch auf die Gitterstäbe auftreffen. Sofern die betreffenden Ionen dadurch nur aus dem Ionenstrahl entfernt werden, geht damit eine, meist nur geringfügige, Verringerung des Detektor-Signals einher. Es gibt aber auch mehrere Möglichkeiten, wie Ionen, die auf Gitterstäbe auftreffen, ein Detektor-Signal zu falschen Zeiten hervorrufen können:

- Ionen können an Gitterstäben inelastisch gestreut werden, mit falschen Geschwindigkeiten weiter in Richtung Konversionsfläche fliegen, und so zu falschen Zeiten ankommen,
- Ionen können an Gitterstäben in großem Winkel gestreut werden, was ebenfalls die Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Konversionsfläche ändert,
- Ionen können auf Gitterstäben auftreffen, zerplatzen, und die Bruchstücke können zu falschen Zeiten auf die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche gelangen.

Soll auf Gitter wegen der oben genannten Probleme verzichtet werden, so ist das Nachbeschleunigungsfeld notwendigerweise inhomogen, wodurch Ionen auf unterschiedlichen Bahnen mit voneinander verschiedenen Flugzeiten auf die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche gelangen.

Wie bereits erwähnt, ist die Größe der Flugzeitfehler eine Funktion des Abstandes der Flugbahn von der ionenoptischen Achse. Dabei ist als Variable in dieser Funktion der Abstand zur ionenoptischen Achse auf der Referenzebene, nicht auf der Konversionsfläche zu nehmen. Im günstigsten Fall, d. h. wenn die Konversionsfläche beweglich aufgehängt ist, ist die Größe dieser Flugzeitfehler proportional zum Quadrat des Abstandes von der ionenoptischen Achse.

Um die Flugzeitfehler klein zu halten, ist es in diesem Fall geboten, den Detektor nur nah der ionenoptischen Achse mit Ionen zu beschicken. Hier bedeutet das, daß Ionen aus der Referenzebene heraus nur nah der ionenoptischen Achse in den Detektor hinein gestartet werden können. Es spielt keine Rolle, ob die Ionenbahnen innerhalb des Detektors auf eine kleinere oder größere Fläche fokussiert bzw. defokussiert werden. Das Maß für die Empfindlichkeit des Detektors ist der Inhalt derjenigen Fläche auf der Referenzebene, von welcher aus Ionenbahnen mit akzeptabel kleinen Flugzeitfehlern in den Detektor hinein gestartet werden können.

Diese Lösungsmöglichkeit kann man z. B. in Fig. 1 der Veröffentlichung von Steffens et al. (Journal of Vacuum Science and Technology, Band A3(3), Seiten 1322—1325, 1985) erkennen. Fig. 4 der OCT-Anmeldung WO 92/19 367 zeigt diese Lösungsmöglichkeit ebenfalls auf. Der Nachteil dieser Lösungen besteht darin, daß nur ein vergleichsweise kleines Volumen des Detektors nutzbar ist, bzw. nur ein vergleichsweise kleiner Flächeninhalt auf der Referenzebene dem einfallenden Ionenstrahl entgegengestellt werden kann. Dies hat eine verringerte Empfindlichkeit des Detektors zur Folge.

Der Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, einen Detektor für Flugzeit-Massenspektrometer anzugeben, welcher gleichermaßen eine hohe Empfindlichkeit und eine hohe Massenauflösung gewährleistet.

Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Detektor für Flugzeit-Massenspektrometer anzugeben, bei welchem trotz großem, dem einfallenden Strahl entgegengestellten nutzbaren Flächeninhalt auf der Referenzebene, die Flugzeitfehler klein gehalten werden.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß werden die durch das im Detektor herrschende inhomogene elektrische Feld erzeugten bzw. schon vor dem Detektor auftretenden Flugzeitfeh-

ler zwischen Ionen mit unterschiedlichen Flugbahnen durch den Detektor selbst kompensiert. Dies geschieht dadurch, daß im Detektor eine gekrümmte Ionen-Elektronen-Konversionsfläche eingesetzt wird. Die Krümmung bewirkt, daß die in jeder Flugbahn auftretende Flugzeit in Abhängigkeit von der lateralen Position auf dem Ionenstrahl derart variiert, d. h. entweder verlängert oder verkürzt wird, daß die durch das inhomogene Feld bewirkten bzw. die vor dem Detektor auftretenden Flugzeitfehler kompensiert oder zumindest minimiert werden. Für eine Flugbahn z. B., deren Flugzeit bei Verwendung einer ebenen Konversionsfläche durch das elektrische Feld gegenüber der der anderen Flugbahnen verlängert worden wäre, bewirkt die Krümmung der Konversionsfläche nunmehr eine entsprechende Verkürzung, so daß im Ergebnis die Flugzeiten aneinander angeglichen werden.

Um die konkrete Form der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche zu ermitteln, kann man nach Verfahrensanspruch 9 beispielsweise folgendermaßen vorgehen:

1. Man lege sich auf einen Entwurf der Nachbeschleunigungsoptik fest: Ein Beispiel dafür zeigt Fig. 1. Dabei nehme man zuerst, wie in Fig. 1 gezeigt, eine ebene Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) an.

2. Man lege die Spannungen der Elektroden fest: Entlang der Nachbeschleunigungsstrecke befinde sich hier nur eine einzige Ringelektrode (1), welche sich auf dem Potential der Driftstrecke des Flugzeit-Massenspektrometers befinde. Die Halterung (2) für die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) befinde sich auf dem Nachbeschleunigungspotential U, wodurch ein inhomogenes Nachbeschleunigungsfeld vor der Konversionsfläche erzeugt wird.

3. Man bestimme eine Reihe von Ionenbahnen (11) mit folgenden Bedingungen:

— Alle Bahnen starten von einer Startfläche (12) senkrecht zur Detektorachse.

— Alle Bahnen starten parallel zur Detektorachse mit der gleichen Geschwindigkeit in den Detektor hinein.

— Alle Bahnen werden für die gleiche Flugzeit bestimmt. Als Flugzeit soll die Zeit gewählt werden, welche ein Ion auf der Achse benötigt um von der Startfläche (12) bis auf die Konversionsfläche (3) zu gelangen.

4. Der Endpunkt der Achsenbahn liegt dann auf der Mitte der Konversionsfläche. Die Endpunkte der außeraxialen Bahnen beschreiben dann die notwendige Form (20) der Konversionsfläche. Dies ist vergrößert in Fig. 2 gezeigt.

5. Man ändere nun in dem Entwurf entsprechend dem vorherigen Schritt die Form der Konversionsfläche und fahre fort mit Schritt 3.

Da eine Änderung der Form der Konversionsfläche eine Änderung des elektrischen Feldes und damit eine Änderung der Flugzeitfehler mit sich zieht, sollte die obige Prozedur so oft wiederholt werden, bis der verbleibende Flugzeitfehler eine vorher gewählte Grenze unterschreitet.

Es ist auch möglich, die Form der Konversionsfläche als Potenzreihe endlicher Ordnung anzugeben. Dies würde bedeuten, daß man nicht die exakte Form der in Schritt 5 bestimmte Fläche übernimmt, sondern diese Fläche mit einer Potenzreihe optimal annähert, und mit dieser Fläche dann bei Schritt 3 fortfährt.

Statt der in Schritt 3 bestimmten Bahnen (11) kann man auch Bahnen verwenden, die mit Anfangsbedingungen entsprechend dem tatsächlichen Betrieb des Flugzeit-Massenspektrometers aus der Ionenquelle heraus gestartet werden. Das bedeutet, daß im Prinzip auch solche Flugzeitfehler, wie sie in der Ionenquelle und in den übrigen Teilen des Flugzeit-Massenspektrometers entstehen, in die Bestimmung der Krümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche mit einbezogen werden können. Bei der Bestimmung der Endfläche (20) muß man dabei berücksichtigen, daß der Raum der Anfangsbedingungen in diesem Fall 6 Koordinaten, also 3 für Anfangsgeschwindigkeiten und 3 für Anfangskoordinaten, aufweist. Da die Endfläche eine 2-parametrische Fläche im 3-dimensionalen Raum ist, muß die Endfläche (20) den Endpunkten der Bahnen (11) solcherart angepaßt werden, daß der durchschnittliche Abstand der Bahn-Endpunkte zur Endfläche (20) minimal ist.

Alternativ kann das Verfahren auch derart gestaltet sein, daß man sich zuerst auf einen Entwurf der Detektorelektroden einschließlich einer bestimmten Krümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche festlegt, und anschließend die Spannungen so lange variiert, bis die Flugzeitfehler eine vorgegebene Grenze unterschreiten. Dieses Vorgehen entspricht Verfahrensanspruch 12.

Bezugnehmend auf die Zeichnungen werden nun bevorzugte Ausführungsformen näher erläutert:

Fig. 3 zeigt die einfachste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Detektors. Bei dieser Ausführungsform werden die Flugzeitfehler außeraxialer Bahnen durch eine gekrümmte Konversionsfläche (3) kompensiert. Wie in Fig. 1 befindet sich hier die einzige Ringelektrode (1) auf dem Potential der Driftstrecke.

Ist die Halterung (2) der Konversionsfläche (3) beweglich gelagert, so entspricht diese Ausführungsform auch Anspruch 7. Durch Verkipfung einer beweglich gelagerten Halterung ist es möglich, im Detektor gewisse Flugzeitfehler der Ionenquelle, des Reflektors und/oder der Driftstrecke des Flugzeit-Massenspektrometers zu kompensieren.

Fig. 4 zeigt einen Detektorentwurf, bei dem das Feld der Nachbeschleunigungsstrecke durch zusätzliche Ringelektroden (4) eingestellt werden kann. Auf diese Weise kann die notwendige Krümmung der Konversionsfläche (3) bei einer bestimmten Spannung kleiner gehalten werden als bei dem Entwurf von Fig. 3. Alternativ läßt sich eine höhere Nachbeschleunigungsspannung bei gleicher Krümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) einstellen.

Die zusätzlichen Ringelektroden (4) verringern die Flugzeitfehler außeraxialer Bahnen, indem durch sie die Bereiche größerer Feldkrümmung in Bereiche gelegt werden, in denen die Geschwindigkeit der Ionen schon größer ist. Die Ringelektroden werden auf Potentiale gelegt, deren Werte sich zwischen dem Driftstreckenpotential und dem Potential der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) liegen. Anstatt zwei oder auch mehrere Ringelektroden (4) wäre auch eine einzige zusätzliche Ringelektrode denkbar.

Mit größerem Nachbeschleunigungspotential werden die Flugzeitfehler von außeraxialen Bahnen größer. Zusätzlich werden die Ionenbahnen auch stärker zur ionenoptischen Achse hingebogen. Beides erfordert, daß die Krümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche mit größerem Nachbeschleunigungspotential ansteigen muß. Wenn die Ionenbahnen so stark zur ionenoptischen Achse hingebogen werden, daß sie alle auf

einem Punkt der Konversionsfläche auftreffen, so ist es nicht mehr möglich, die Flugzeitfehler durch Krümmung der Konversionsfläche zu kompensieren. Dies ist erst wieder bei noch größeren Nachbeschleunigungspotentialen möglich, wenn die Ionenbahnen sich vor der Konversionsfläche kreuzen.

Soll ein Detektor mit großem Nachbeschleunigungspotential betrieben werden, so ist es günstig, wie in Fig. 5 gezeigt, ihn nach Verfahrensanspruch 8 zu betreiben. Bei dieser Betriebsart lassen sich beliebig hohe Nachbeschleunigungsspannungen bei vergleichsweise kleiner Krümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) erzielen, indem man durch geeignete Anordnung der Elektroden und geeignete Einstellung der Spannungen dafür sorgt, daß sich die Ionenbahnen (11) vor der Konversionsfläche kreuzen. Da eine Reihe von Möglichkeiten bekannt sind, Elektroden so anzuordnen bzw. Spannungen so einzustellen, daß sich ein elektrisches Feld mit den geforderten Eigenschaften ergibt, wurde hier auf die Darstellung der Elektroden verzichtet.

Fig. 6 zeigt einen Detektorentwurf nach Anspruch 6, bei welchem die an der gekrümmten Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) erzeugten Elektronen durch ein dem Nachbeschleunigungsfeld überlagertes Feld quer zur Detektorachse abgezogen werden. Die Elektronenbahnen (15) sind gestrichelt gezeichnet.

Die Ionenbahnen (11) sind im mittleren Teil der Nachbeschleunigungsstrecke doppelt gezeichnet, da es hier, ähnlich wie bei Fig. 5, möglich ist, sich kreuzende (11a) Ionenbahnen zu bewirken, oder die Ionenbahnen im wesentlichen parallel (11b) bis zur Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) zu führen.

Da durch das Abzugsfeld für die Elektronen die Rotationssymmetrie der Anordnung gebrochen wird, ist die optimale Krümmung der Konversionsfläche möglicherweise nicht mehr rotationssymmetrisch. Der Nachweis der erzeugten Elektronen kann mittels Vielkanalplatte, Szintillator o. ä. bewirkt werden.

#### Patentansprüche

1. Detektor für Flugzeit-Massenspektrometer mit einer Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3), dadurch gekennzeichnet, daß die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) nicht eben ist.
2. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) aus Metall geformt ist.
3. Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) einer Mikrokanalplatte ist.
4. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (1, 2, 4) für die Nachbeschleunigung der Ionen und Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) zylindersymmetrisch aufgebaut sind.
5. Detektor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (1, 2, 4) für die Nachbeschleunigung der Ionen und/oder die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) nicht zylindersymmetrisch aufgebaut sind.
6. Detektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Nachbeschleunigungsfeld für die Ionen ein Abzugsfeld für die an der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) erzeugten Elektronen überlagert ist.
7. Detektor nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) beweglich aufgehängt ist.

8. Verfahren zum Betrieb eines Detektors für Flugzeit-Massenspektrometer, welcher eine Anzahl Elektroden (1, 2, 4) aufweist, und dessen Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) nicht eben ist, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Elektroden (1, 2, 4) und der an ihnen angelegten Spannungen außeraxiale Ionenbahnen (11) so stark zur ionenoptischen Achse hingebogen werden, daß sie auf der gegenüberliegenden Seite der Achse auf die Konversionsfläche (3) treffen.

9. Verfahren zur Bestimmung der Krümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) eines Detektors, der eine Anzahl von Elektroden (1, 2, 4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) mit Ausnahme der Oberflächenkrümmung der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3), sämtliche Formen der Elektroden (1, 2, 4) vorher festgelegt werden,
- b) eine beliebige Form der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) angenommen wird,
- c) die Spannungen sämtlicher Elektroden (1, 2, 4) festgelegt werden,
- d) das Potential aus den gegebenen Elektrodenformen und Elektrodenspannungen bestimmt wird,
- e) eine Gruppe von parallelen Bahnen (11), ausgehend von einer Normalfläche (12) zur ionenoptischen Achse des Detektors, in den Detektor hinein bestimmt wird, wobei für alle Bahnen die gleiche Flugzeit gewählt wird, welche eine Bahn auf der ionenoptischen Achse von der Normalfläche bis zur Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) benötigt,
- f) die Fläche (20), welche durch die Endpunkte der so bestimmten Bahnen (11) definiert wird, die notwendige Form der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche ergibt,
- g) die in Schritt f) bestimmte Form als neue Form der Konversionsfläche (3) übernommen wird, und mit Schritt d) fortgefahren wird.

Das Verfahren soll solange von Schritt d) bis Schritt g) wiederholt werden, bis der Unterschied von der in Schritt f) bestimmten Fläche (20) zur tatsächlichen Konversionsfläche (3) eine vorgegebene Grenze unterschreitet.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß

- in Schritt g) nicht die exakte Form der in Schritt f) bestimmten Fläche (20) übernommen wird, sondern daß der in Schritt f) bestimmten Fläche eine endlich-parametrische Fläche optimal angepaßt wird, und
- daß wenigstens diejenige minimale Anzahl der Parameter für die Festlegung der Konversionsfläche (3) gewählt wird, welche es noch erlaubt, daß der Unterschied von der in f) bestimmten Fläche (20) zur tatsächlichen Konversionsfläche (3) eine vorher gewählte Grenze unterschreitet.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß

- anstelle der in Anspruch 9, Schritt e) bestimmten Bahnen (11), der Anfangsort der zu bestimmenden Bahnen in die Ionenquelle des Flugzeit-Massenspektrometers hineinverlegt

wird,

— Bahnen für sämtliche bei normalem Gebrauch des Flugzeit-Massenspektrometers vorkommende Anfangsbedingungen bestimmt werden, und

— anstelle der in Anspruch 9, Schritt f) bestimmte Fläche (20) diejenige Fläche verwendet wird, welche den minimalen durchschnittlichen Abstand zu den Endpunkten der bestimmten Bahnen (11) aufweist.

12. Verfahren zur Bestimmung der Elektrodenspannungen eines Detektors, dadurch gekennzeichnet, daß

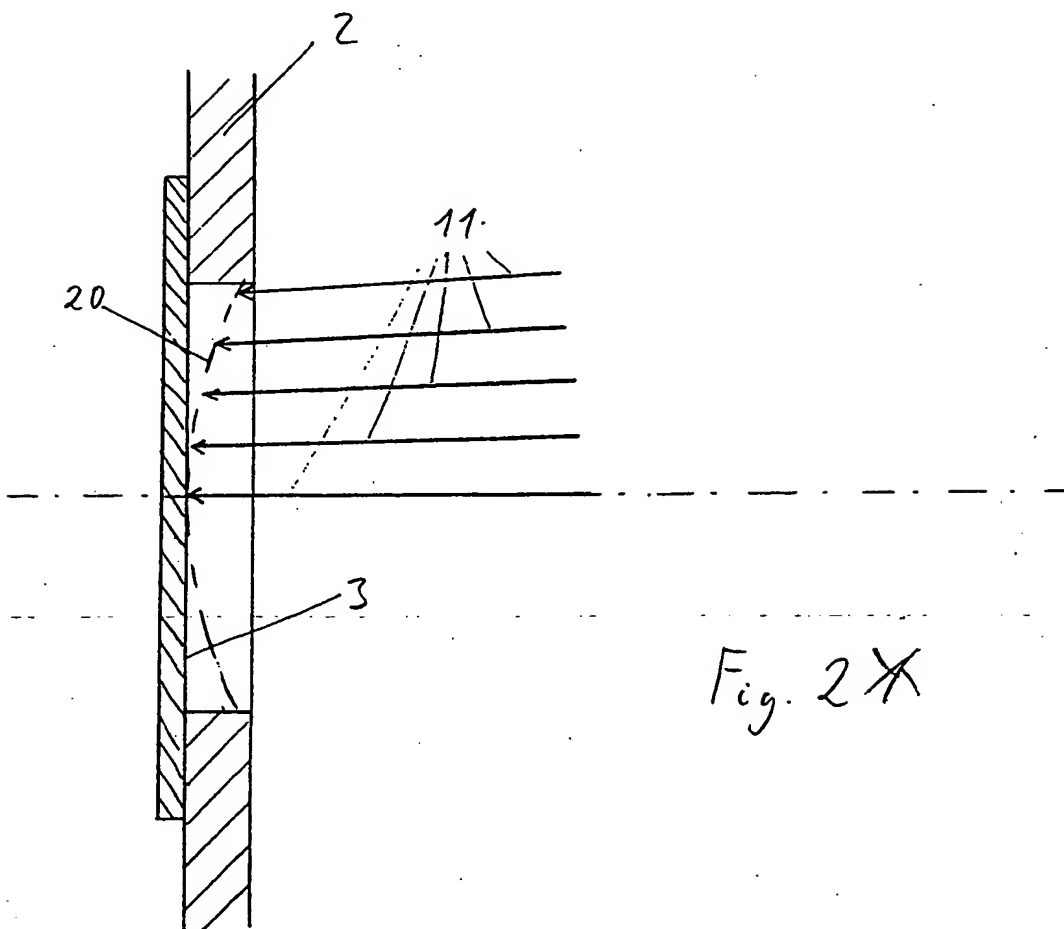
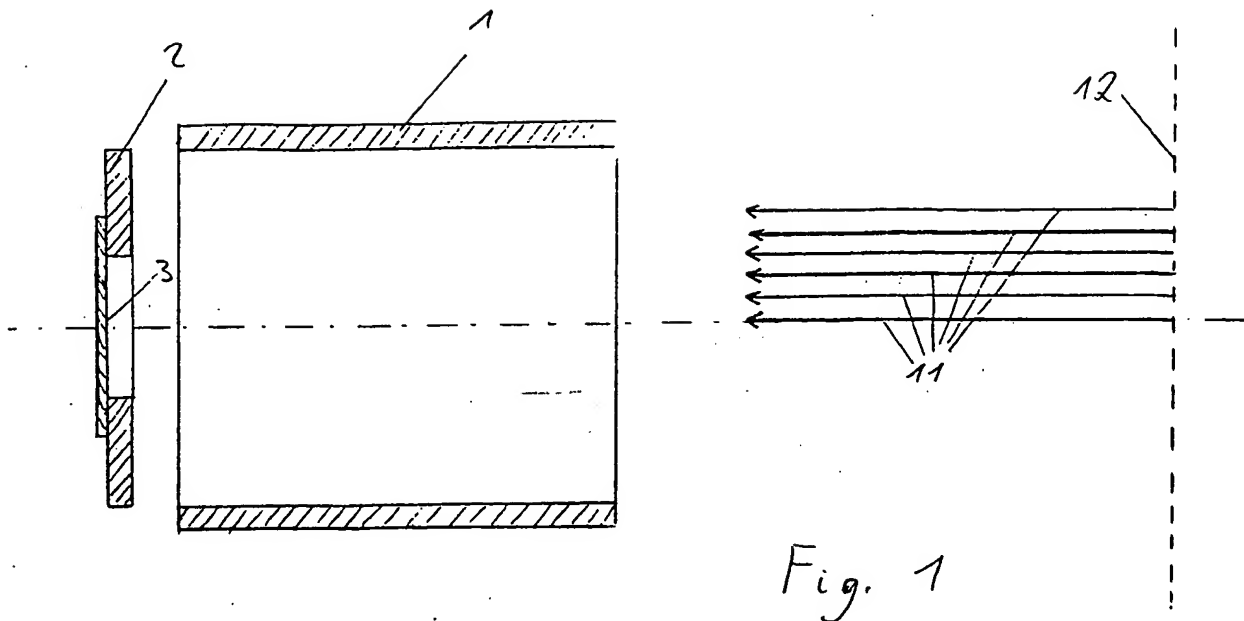
- a) sämtliche Formen der Elektroden (1, 2, 3, 4) vorher festgelegt werden,
- b) ein Satz von Spannungen für sämtliche Elektroden gewählt wird,
- c) das Potential aus den gegebenen Elektrodenformen und Elektrodenspannungen berechnet wird,
- d) eine Gruppe von parallelen Bahnen (11), ausgehend von einer Normalfläche (12) zur ionenoptischen Achse des Detektors, in den Detektor hinein bestimmt wird, wobei für alle Bahnen die gleiche Flugzeit gewählt wird, welche eine Bahn auf der ionenoptischen Achse von der Normalfläche (12) bis zur Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) benötigt,
- e) die Spannungen sämtlicher Elektroden solange variiert werden, bis eine minimale durchschnittliche Abweichung der in Schritt d) bestimmten Endpunkte der Ionenbahnen (11) zur Oberfläche der Ionen-Elektronen-Konversionsfläche (3) erzielt worden ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß

- anstelle der Schritt d) bestimmten Bahnen (11), der Anfangsort der zu bestimmenden Bahnen in die Ionenquelle des Flugzeit-Massenspektrometers hineinverlegt wird,
- Bahnen für sämtliche bei normalem Gebrauch des Flugzeit-Massenspektrometers vorkommende Anfangsbedingungen bestimmt werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY

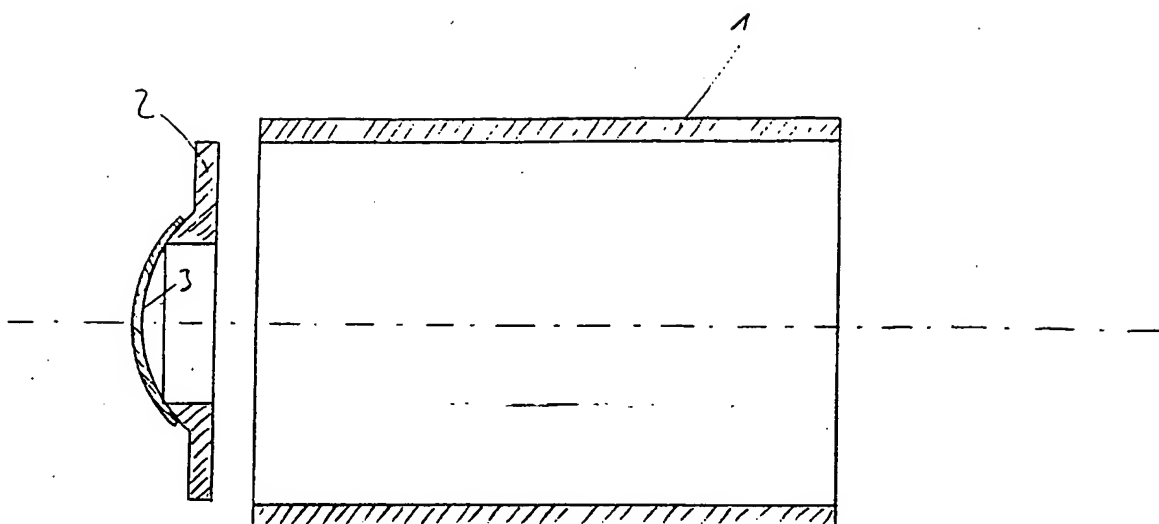


Fig. 3

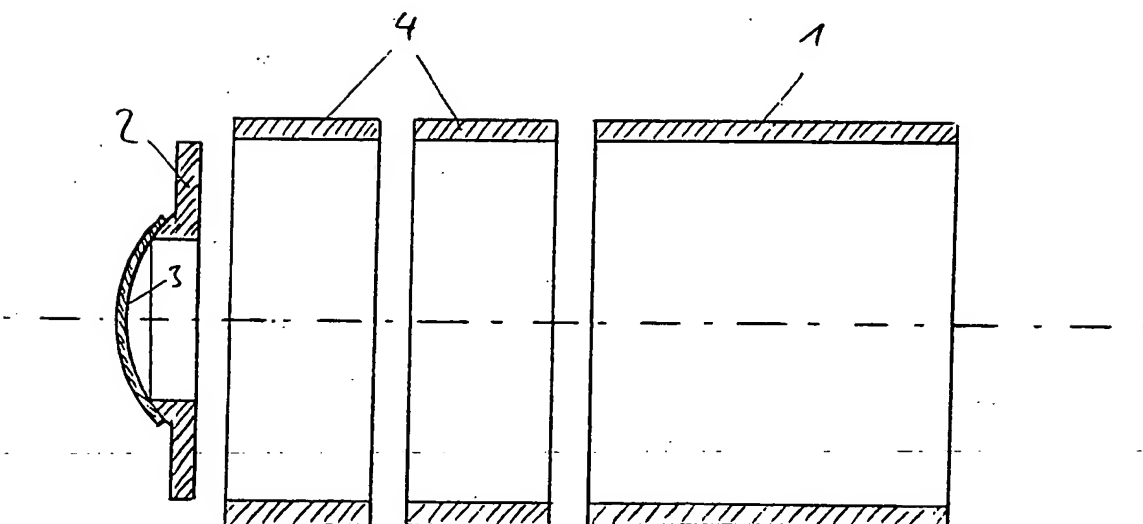
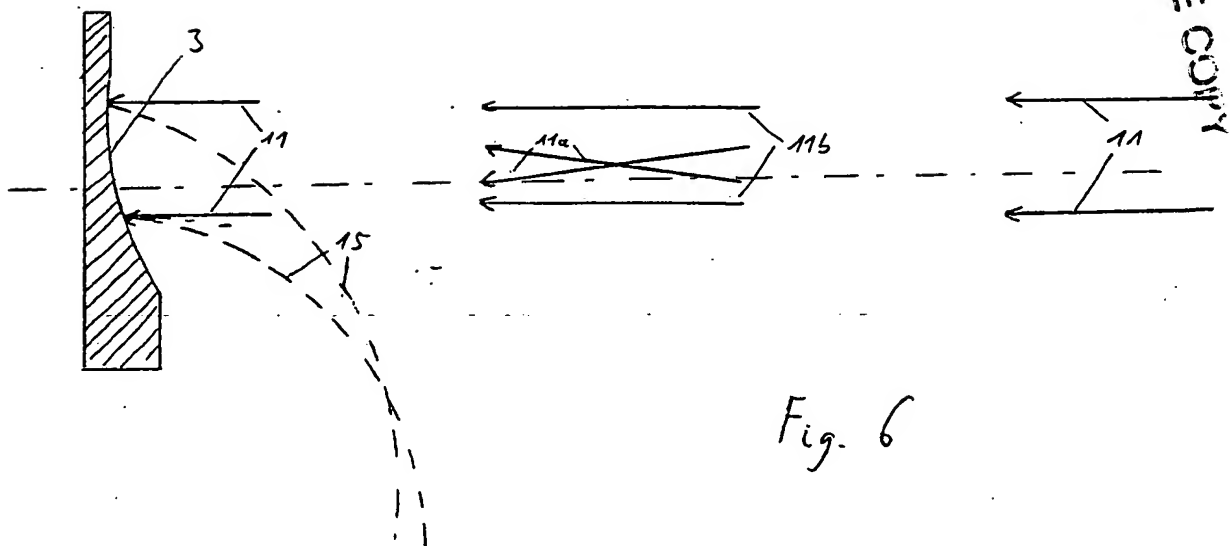
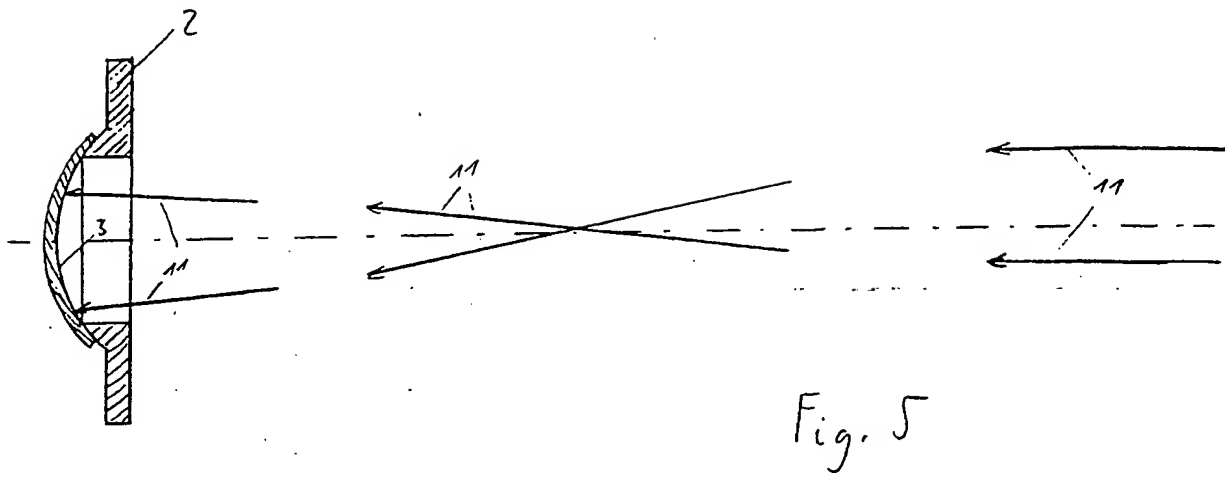


Fig. 4

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY